opera
Osaka Prefecture University
Education and Research Archives
大阪府立大学 学術情報リポジトリ

Title	ミニコンピュータを用いたアナログデータ処理システム
Author(s)	松本, 俊郎; 豊福, 利武; 藤田, 寿之; 中島, 基雄
Citation	大阪府立工業高等専門学校研究紀要, 1981, 15, p.35-43
Issue Date	1981-09-10
URL	http://hdl.handle.net/10466/13155
Rights	

http://repository.osakafu-u.ac.jp/dspace/

ミニコンピュータを用いたアナログデータ処理システム

Analog Data Processing System Utilizing Minicomputer

松本俊郎*，豊福利武*，藤田寿之*，中島基雄*

Toshiro MATSUMOTO,* Toshitake TOYOFUKU,* Toshiyuki FUJITA,* Motoo NAKASHIMA*

（昭和56年4月15日受理）

ABSTRACT

Analog data processing system utilizing a minicomputer (Hitac-10) has been developed to investigate normal or abnormal signals in vibration, surface roughness, electrocardiogram and so on. The analog data from various measuring equipments are digitally processed by the computer system to obtain autocorrelation function and power spectrum. This system is oriented by "commands" like conversation words to facilitate the system operation and all control instructions are given through an I/O typewriter keybord. Assembly languages are used to reduce calculating time, increase date area and use analog to digital (A/D) device and digital to analog (D/A) device.

1．はじめに

我々があつかう信号の大部分は，たえず変動を続けている．この変動は，定まった規則で変化する確定的な信号とどう変化するか予測のできないランダムな信号がある．我々が遭遇する技術的な問題あるいは，自然現象の大部分は，規則的信号はまれで，大部分は確率統計的である．こうしたランダムに変動するデータは，工学および医学において，とりわけ振動，表面あらさ，脳波等にその例を見いだすことができる[1-3]．これらのデータよりその変動を生ぜしめる原因を見いだす手法ができるならば，さらに技術面，臨床面で諸問題の解決に寄与できると考えられる．手法として，自己相関関数ならびにスペクトル分析があり，これらの計算のためにミニコンピュータやマイクロコンピュータのような小型電子計算機が必要となってくる[4-5]．専用のシグナルプロセッサも存在している[6]．

現在，ミニコンピュータ（HITAC−10）を有している．基本構成は，紙テープ読み取り機（PTR），中央処理装置，データタイプラタおよびA/D変換装置である．そこで，本研究ではこれらのハードウエアの利用のもとで可能なアナログデータ処理システムを作成することを目的としている．使用言語としてアセンブラを用い，処理の高速化ならびにデータ領域の有効利用を計っている．サンプリング，平滑化，自己相関関数およびパワースペクトルの機能ならびに，出力結果を図示するためにD/A変換装置の製作を行ない中央処理装置の指示のもとで作動するようになっている．使用者は，データタイプライタを媒体としてマンマシンコミュニケーションをはかり，システムからの問い合わせに対して，簡単な指示を与えるだけで結果を得ることができる．入出力に関係した文字列，整数ならびに浮動小数点型数値の取り扱いを容易にし，ミスプログラムの発生を防止する意味からサブルーチンプログラムを作成する．サンプリングデータを紙テープで出力できるようになっており，データの保存ならびに大型計算機でこれを利用することも可能である．自己相関関数およびパワースペクトルは，別々に出力できるようにプログラムが作成されている．

*機械工学科（Department of Mechanical Engineering）

2．システムの構成

2．1 ハードウェア

Fig. 1 にアナログデータ処理に関するハードウェアのブロック図を示す．アナログデータは，各種計測器より直接または，データレコーダを介してA/D変換装置に入力される．A/D変換器は，1語12ビットで，±10Vの入力範囲を持っている[7]．出てきたディジタル信号は，HITAC−10 (H−10) の中央処理装置に入力される．H−10は，1語16ビットで，メモリの大きさは，8K (8192) 語であって，512語を1ページとして16ブロックにわかれている．タイプライタおよび紙テープ読取機 (PTR) を有しこれらで基本構成を形成している．タイプライタは，マンマシンコミュニケーションのための装置であり，処理コマンドの入力，処理結果のディジタル出力に使用する．紙テープ読取機構ならびに穿孔機構を持っている．したがって，計算結果を，タイプライタの印字出力もしくは，紙テープ穿孔機構によりテープとして出力することができる．計算結果をグラフ化する作業は，手間がかかるので，場合によっては，図に示すようにD/A変換装置を介してXYレコーダに出力できるようになっている．これは，インターフェース部を作成することによって，1語8ビットとし2チャンネル構成で，H−10の16ビットを2分して10Vの出力を得ている．

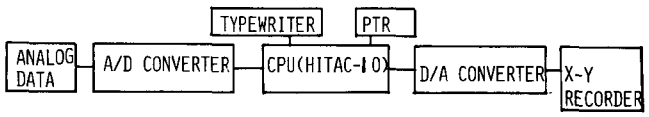

Fig. 1 Block diagram of analog data processing system.

2．2 ソフトウエア

本システムのソフトウエアは，H−10のソフトウエア体系の中で定義づけられる一つのアプリケーションシステムである．アプリケーションプログラムは，処理の高速性とコンパクトなオブジェクトという面ならびに，A/D・D/A各変換装置を使用するのでアセンブラで作成した．アプリケーションソフトウエア構成図を**Fig. 2.** に示す．

(a) サブルーチン

(i) 入出力サブルーチン
入出力を容易にし，誤ったプログラムを作成することを防ぐために作成されたプログラムである．

(ii) サンプリング
アナログ型の時系列データをディジタル型に変換するための

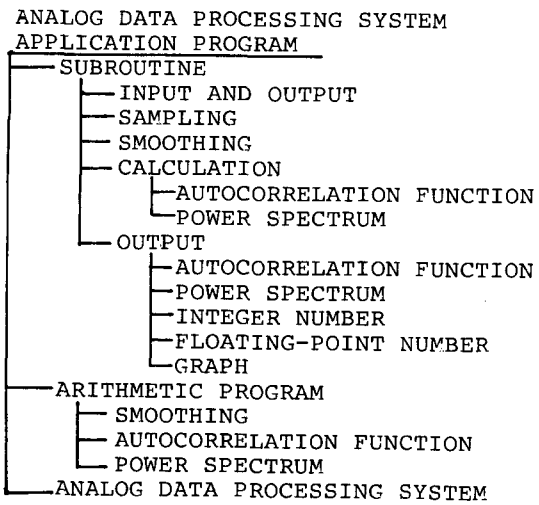

Fig. 2 Construction of application software system.

プログラムであり，サンプリング定理により時間間隔を定めることが必要である．

（iii）平滑化

信号に混入する不規則雑音に対して効果的であり，波形ひずみもできるだけ小さくするために重みつき移動平均法[8]を用い，ここでは，5点重み係数を採用している．

（iv）計算

自己相関関数ならびにパワースペクトルを求めるためのプログラムである．

（v）出力

自己相関関数・パワースペクトル・整数および浮動小数点数値ならびに結果をグラフ出力するためのプログラムである．

（b）演算処理プログラム

サブルーチンプログラムを組みあわせることによりデータを入力し適当な処理をして，出力させる機能を有している．

（i）平滑化

A/D 変換装置よりアナログデータを受け取り平滑化処理を行ない，結果をタイプライタより出力させるプログラムである．

（ii）自己相関関数

PTR より入力したアナログデータのサンプリング結果を用いて，自己相関関数を計算し，結果をタイプライタより出力させるプログラムである．

（iii）パワースペクトル

PTR より入力した自己相関関数のパワースペクトルを計算し結果をタイプライタより出力させるプログラムである．

（c）アナログデータ処理システム

アプリケーションプログラムを総合して作り上げたもので，使用者の目的にあわせて，サンプリングのみあるいは，自己相関関数まで，さらにパワースペクトルまでを行なうことができるように作成されている．入力データ個数は，1536個まで，自己相関関数は，1534個まで，さらにパワースペクトルは，768個まで得られる．

3．サブルーチンの作成

3．1入出力サブルーチン

H−10のアセンブラを使用してプログラミング[9]を行なう場合，入出力処理の部分が非常に煩わしい．フォートランを用いれば，1行ですむところでもアセンブラでは，数10行におよぶプログラムが必要になるところが多い．そこで，各種の入出力手続きをサブルーチン形式にして，入出力処理を容易にし，プログラミング能率の向上を計った．このサブルーチンを IOS と呼ぶ．その主な作成方針は，次の通りである．

1）タイプライタおよびPTR のどちらでも入力可能とする．

2）整数型および浮動小数点型数値ならびに文字の入出力を可能とする．

3）浮動小数点型は，2語扱い，3語扱いいずれでも扱えるようにする．

4）メモリ内のどのページからでも IOS を使えるようにする．

5）使用方法が誤っている時，エラーメッセージが出力されるようにする．

ここで，ページと番地の関係およびシステム・プログラム（イニシャル・プログラム・ローダ(IPL)，オブジェクト・モジュール・ローダ(OML)，浮動小数点演算パッケージ(FAP)[10]お

よび，ベーシックアセンブラ（ASSY）ならびに，IOSの占めるメモリエリアを**Fig. 3** に示す．

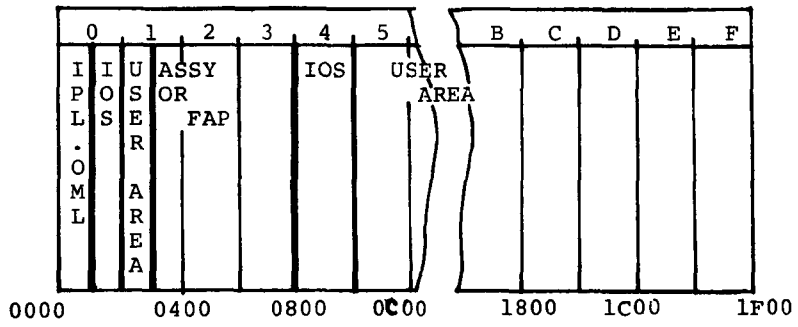

Fig. 3 Memory map of HITAC−10 (H−10).

図において，上部の数字はページを，下部の数字は各ページの先頭番地をそれぞれ16進数で表わしたものである．限られたメモリを有効に使用するためIOSプログラムは，0ページおよび4ページに格納する．0ページは，どのページからでも直接参照することが可能であるので，4ページに格納するIOSプログラムの先頭番地を格納する．**Fig. 4** および**Fig. 5** に0ページならびに4ページのIOSの詳細なメモリ地図を示す．

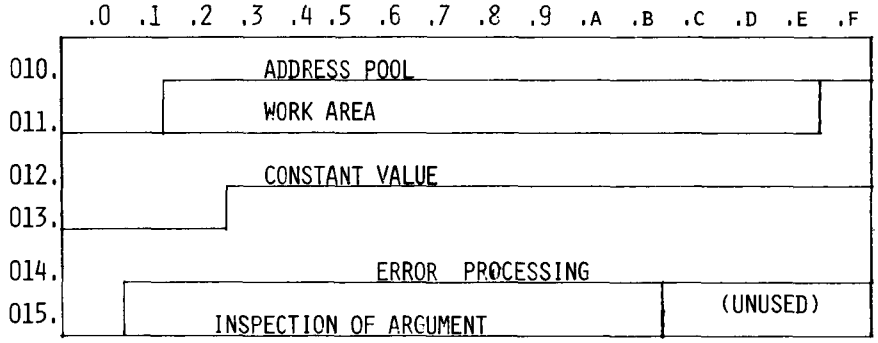

Fig. 4 Memory map in page 0 related to IOS program.

1例として，ＰＴＲ文字入力について述べる．これの機能は，ＰＴＲより１文字読みこみアキュムレータ（ＡＣ）に入れる．

(1)呼び出し方法 ＩＮＴ

(2)機能 ＰＴＲより１文字読みこみパリティチェックをし，正しいとき，パリティビットを落しＡＣの下位８ビットに文字コードを入れる．ＰＴＲが動作不能のときは，エラーメッセージを印字して停止する．パリティエラーの場合も同様である．

(3)流れ図 **Fig. 6** に示す．

(4)プログラム **Fig. 7** に示す．

図において，ＰＴＲの電源が入っているかどうかを調べる．もし動作不能のときは，ただちにエラー処理を行ないそうでないとき，１文字読みこみパリティ・チェックを行なう．読みこんだ文字が "Null"，または "Rubout" なら１文字読みこむ命令にもどるが，そうでないとき，内部コードになおしてＡＣに転送する．

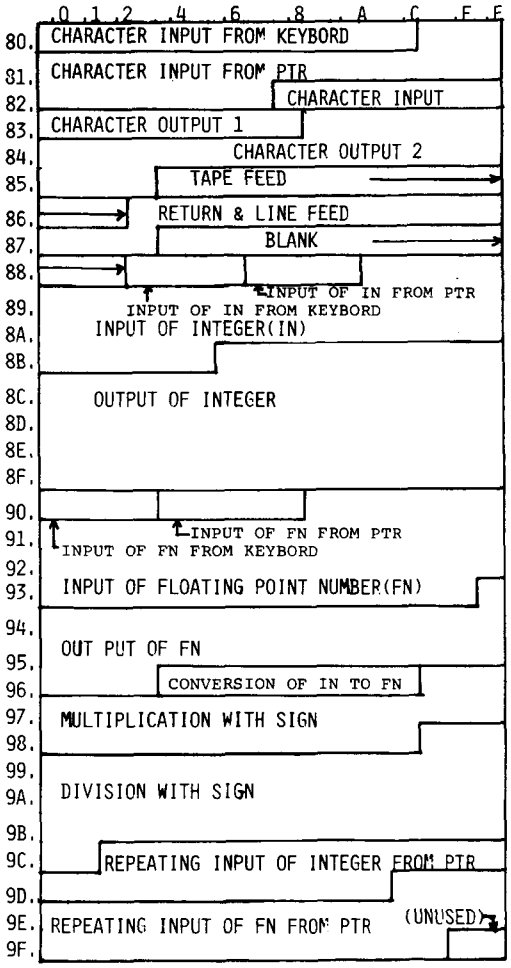

Fig. 5 Memory map in page 4 related to IOS program.

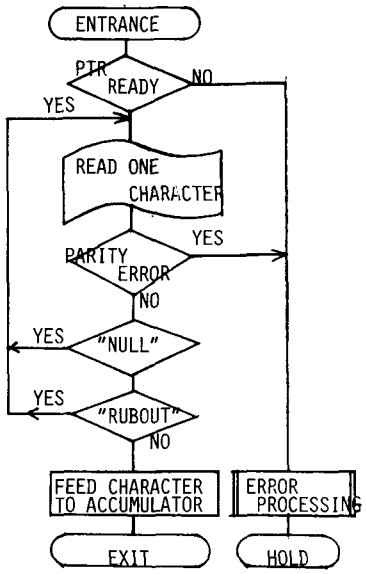

Fig. 6 Flow diagram of character input program from paper tape reader (PTR).

```
//*****INPUT TAPE-READER*****
INT     DS      1
        DTH, C
        SCAR
        KZC
IT 1    B       IT 3
        STR
        KTR
        B       *-1
        DTR, C
        KZA
        B       IT 2
        RTR
        KNA
        B       IT 1
        N       ITC
        X       ITC
        KNA
        B       IT 1
        X       ITC
        B , I   INT
IT 2    L       INT
        BAL     EROR
        DCH     "P"
IT 3    L       INT
        BAL     EROR
        DCH     "PW"
//--------CONSTANT--------
ITC     DC      X"7F"
```

Fig. 7 Character input program from PTR.

3．2パワースペクトル

（1）理論

今，時間的に変動するデータを**Fig. 8** に示すように$x(t)$とし，ずらし幅τのデータを$x(t+\tau)$とすると，自己相関関数$R(\tau)$は，

$$R(\tau)=\lim_{T\to\infty}\frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2}x(t)\cdot x(t+\tau)dt \quad \cdots\cdots(1)$$

Tは観測時間である．ところで，パワースペクトルと自己相関関数との間には，

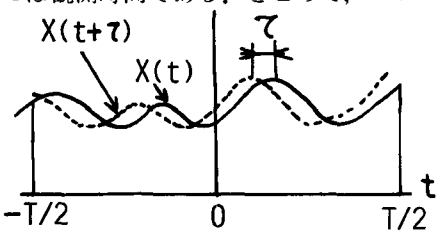

Fig. 8 Twe typical samples. ——; Original signal X(t), ……; Signal X(t+τ) with time separation.

$$S(f)=\int_{-\infty}^{\infty}2R(\tau)e^{-i2\pi f\tau}d\tau \quad \cdots\cdots(2)$$

が成立している[11]．fは，振動数である．そこで，$S(f)$が偶関数であることを考慮して，

$$S(f)=4\int_{0}^{\infty}R(\tau)\cos 2\pi f\tau d\tau \quad \cdots\cdots(3)$$

が導かれる．

（2）自己相関関数

(1)式の数値積分方法として，台形公式[12]を用い，(4)式のように表わす．

$$R(k\cdot\Delta\tau)=\lim_{N\to\infty}\frac{2}{(N-k-1)}\{\sum_{i=0}^{N-k}x(i\cdot\Delta\tau)\cdot x((i+k)\cdot\Delta\tau)-$$

$$-\frac{1}{2}\{x(0)\cdot x(k)+x(N\cdot\Delta\tau)\cdot x((N-k)\cdot\Delta\tau)\}\} \quad \cdots\cdots(4)$$

この式において，kは，自己相関関数の番号，$\Delta\tau$は，サンプリング時間そして，Nは，データの個数である．この式にもとづいて，プログラミングし，さらに理論値のわかっているデータを用いて計算させた結果合致することを確かめた．

（3）パワースペクトル

(3)式の数値積分方法として，同様に台形公式を用い，(5)式のように表わす．

$$S(f)=4\cdot\lim_{N\to\infty}\{\frac{1}{2}\{R(0)+R(N\cdot\Delta\tau)\cdot\cos 2\pi f(N\cdot\Delta\tau)\}$$

$$+\sum_{i=1}^{N-1}R(i\cdot\Delta\tau)\cdot\cos 2\pi f(i\cdot\Delta\tau)\}\Delta\tau \quad \cdots\cdots(5)$$

この式にもとずいて，プログラミングし，さらに理論値のわかっているデータを用いて計算させた結果合致することを確かめた．

3．3グラフ出力

（1）A/D変換装置

H−10インターフェース機構のうち，低速出力データ転送方式を用いる．データ転送はACを経由して行なわれる．インターフェース回路として**Fig. 9** を作成した．装置番号を62番とした

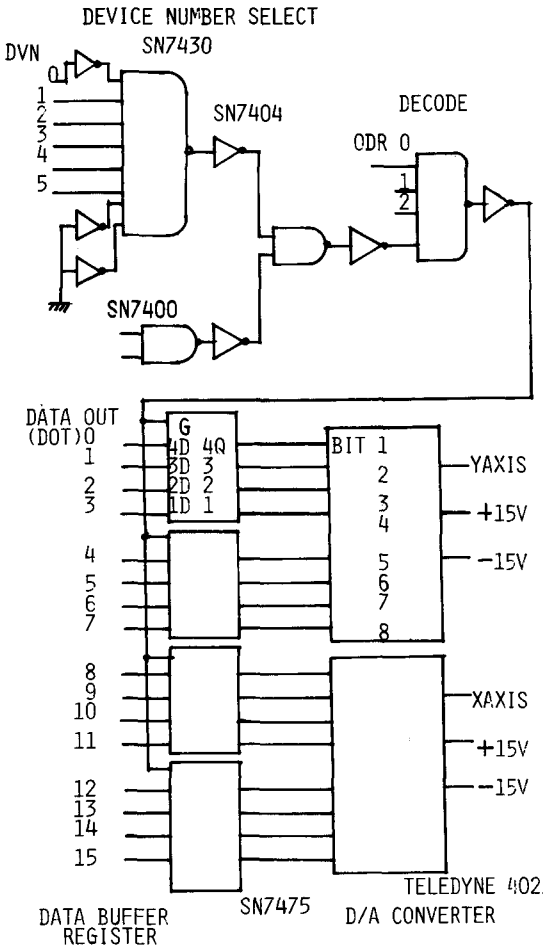

Fig. 9 Block diagram of D/A converter with interface.

ので，2進数で$(111110)_2$となる．装置番号選択回路の信号線DVNは，0から5まで6本あるが図のようにDVN 0だけは，NOTを通しておく．IOC命令によって使用する限り低速出力なので，SQL 0＝〝1〟のレベルが出力され，これとストローブパルスが出力された時，これらの出力は〝1〟となり，制御デコード回路へ送りこまれる．新たに必要な命令は，「DA変換せよ」という命令のみなので，ODR 0を〝1〟にする．データの流れについては，IOC命令により，ACよりデータが送り出され，DOT 0からDOT 15に信号が乗ってD/A変換器に到達する．しかし，その時間は，命令実行時間より短かいので，実際的には，信号を保持させておく要素が必要である．そこで，データバッファレジスタを設定する．これによって，制御デコード回路からきたパルスがD−フリップフロップのGに入ると〝1〟になり，データはレジスタに入る．そこで，Gは〝0〟になり，次の命令がくるまで前のデータを保持することができ，XYレコーダの動作にみあった信号出力時間を確保できる．D/A変換器は図に示すように，XとYの2軸出力としており，DOTの上位8ビットをX軸出力，下位8ビットをY軸出力とする．変換速度は25μsである[13,14]．

（2）グラフ出力

自己相関関数やパワースペクトルを出力するにしても，計算結果の最大値と最小値を見いだして，XYレコーダ上あらかじめ設定された範囲に入るようにスケールを定めるプログラムが用意されている．X軸，Y軸の座標軸を描くためのルーチンも作られている．テストプログラムを作成し，正常に動作することを確かめている．

4．アナログデータ処理システム

これまで述べてきたサブールーチンプログラムを総合したものである．

（1）機能

（i）A/D変換装置よりディジタルデータを受け取り平滑化処理を施したのち，3つのコースを選べるようになっている．すなわち，サンプリングのみ出力する．自己相関関数を計算させて，その結果を出力させる，最後に，パワースペクトルを計算させ出力させるということであり，対話形式で指定する．なお，出力は，タイプライタならびに，

XYレコーダの2通りを選べる．

（ii）データの個数（ND）は，

$0 < ND \leqq 1536$.

（iii）自己相関関数値の個数（NA）は，

$NA \leqq ND - 2$.

（iv）スペクトルの個数（NS）は，

$0 < NS \leqq 768$.

（2）流れ図

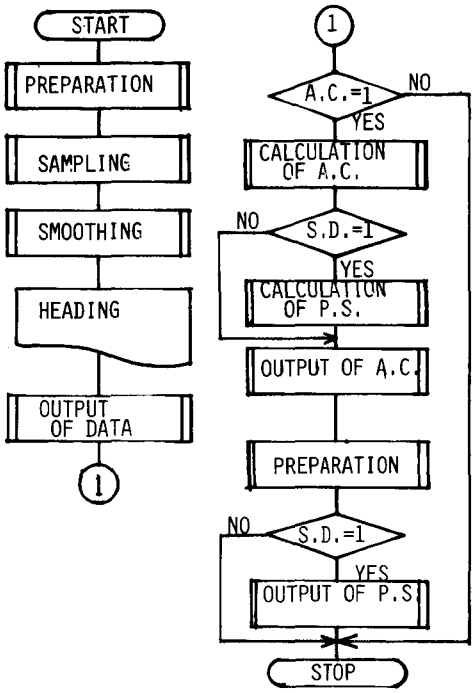

Fig. 10 Flow chart of Analog data processing system. A, C. ; Autocorrelation function, S. D. & P. S. ; Power spectrum.

流れ図を**Fig. 10** に示す．

プログラムをスタートさせることによりタイプライタに

〝A. C, S. D?〟

と印刷される．A. C. は自己相関関数，S. D. はパワースペクトルを意味し希望する処理には1を，希望しない処理には0をキーボードより入力する．

次に，

〝ND, DTAU?〟

と印刷されたら，データの個数およびサンプリング時間間隔（単位，msec）を入力する．

そして，

〝GRAPH TABLE OR BOTH?〟

と印刷されたら，それぞれ，−1，0および1のいずれかを入力する．1と入力すれば，結果をXYレコーダに図示したのち，タイプライタに数値を出力する．この機能は，図には，煩雑になるので記入していない．

A. C. = 0，S. D. = 0を入力した場合，サンプリングならびに平滑化処理を行なって，その結果のみ出力される．他の組み合わせの場合については，流れ図を参照すれば，それぞれに応じて出力が得られる．

5．まとめ

アナログデータ処理システムの作成を目的として得られた結果をまとめると次の通りである．

(1)アナログデータの解析に有用な自己相関関数ならびにパワースペクトルの計算および出力を行なうプログラムを作成した．

(2)D/A変換装置の作成により，端末装置がより充実したものとなり，計算結果についての考察を容易ならしめる．

(3)タイプライタを介して対話形式で処理の指定が行なえるので，利用者にとって使いやすい

システムとなっている．

(4)プログラムの構成は，サブルーチン形式でできているので，プログラムの改変ならびに検討が容易に行なえる．

(5)サンプリング結果は，紙テープ出力として得ることができるので，ミニコンではデータ数が多過ぎるような場合でも大型計算機付属の紙テープリーダにかけることにより処理を行なうことができる．

(6)作成したプログラムはすべて，結果が既知であるデータの処理を行なって動作を調べた．

(7)今後は，これを用いた応用研究[15]ならびに，処理時間の短縮のために高速フーリエ変換等プログラムの改善を計画している．

最後に，卒業研究としてこのテーマを研究された和田康宏（現在，ソーシャルサイエンスラボラトリー勤務），竹岡伸夫（現在，シャープ㈱勤務）両君にお礼申し上げます．また，常々，ご討論，助言をいただいております大阪府立大学工学部　永田　良教授，川口　格助教授ならびに岩田耕一講師に感謝いたします．

引用文献

1）磯部　孝：相関関数およびスペクトル（東京大学出版会，1975）．
2）堀川　明：ランダム変動の解析（共立出版，1965）．
3）日本機械学会関西支部：第62回講習会テキスト（1975）．
4）日本物理学会編：物理実験データ処理（サイエンス社，1973）．
5）桜井捷海他：応用物理，**43**（1974）57．
6）工業計測器販売事業部：技術レポートNo. 102（三栄測器株．1979）．
7）江藤電気株：HITAC－10用 A/D 変換装置取扱説明書
8）M. Schwartz *et al.*：*Signal Processing* (KOGAKUSHA, LTD. 1975) 63.
9）日立製作所：HITAC－10説明書　アセンブラ編（1970）．
10）日立製作所：HITAC－10説明書　FAP 編（1970）．
11）堀川　明：ランダム変動の解析（共立出版，1965）159．
12）吉沢　正：基礎工学・数値解析 I（岩波書店，1973）．
13）桜井捷海編：ミニコン技術入門（共立出版，1974）．
14）飛坐　博編：インターフェース（CQ 出版社，1974）．
15）中島基雄，松本俊郎，藤田寿之，豊福利武：大阪府立工業高等専門学校研究紀要第15巻（1981）45．